

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-261122

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 7 C 3/02

G 0 7 C 3/02

G 0 6 F 17/60

G 0 6 F 15/21

R

L

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平9-64170

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月18日

(71) 出願人 000183406

住友電装株式会社

三重県四日市市西末広町1番14号

(72) 発明者 由利 英隆

三重県四日市市西末広町1番14号 住友電装株式会社内

(72) 発明者 栗原 清一

三重県四日市市西末広町1番14号 住友電装株式会社内

(74) 代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 作業配分最適化方法

(57) 【要約】

【課題】 配分を容易且つ迅速に行なう。作業者の特性を考慮した正確な配分を行なう。

【解決手段】 各作業工程の難易度と投入される各作業者の熟練度とをそれぞれランキングする。ランキングされた作業難易度と熟練度との間で成立する時間変化係数を設定する。設定された時間変化係数に基づいて作業時間を補正する。補正された作業時間に基づいて、各作業者に作業を配分する。

【効果】 「投入される各作業者の熟練度」と作業工程の難易度との間で成立する係数を求めることによって、作業者の欠員を考慮して作業工程を配分することが可能になる他、作業者の熟練度と作業の難易度とを最適配分の要素に含めた作業時間を演算することが可能になる。

スキルレベル 作業難易度	1	2	3
A	A 1	A 2	A 3
B	B 1	B 2	B 3
C	C 1	C 2	C 3
D	D 1	D 2	D 3
E	E 1	E 2	E 3

作業難易度：C、スキルレベル：2の場合、
作業時間 = 基本作業時間 × C 2

Best Available Copy

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の要素作業からなる流れ作業を複数の作業員で処理するに当たり、各作業員に対する作業配分を最適化するための作業配分最適化方法であって、各要素作業の難易度と投入される各作業員の熟練度とをそれぞれランキングするステップと、ランキングされた作業難易度と熟練度との間で成立する時間変化係数を設定するステップと、設定された時間変化係数に基づいて、個々の要素作業の作業時間をそれが配分される作業員に対応して補正するステップと、補正された作業時間に基づいて各要素作業を優先順に配分することにより、各作業員間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップとを含んでいることを特徴とする作業配分最適化方法。

【請求項2】優先順位が定められた複数の要素作業からなる流れ作業を、製品を搬送するコンベヤーの流れに沿って複数の作業員で処理するに当たり、各作業員に対する作業配分を最適化するための作業配分最適化方法であって、総作業工数と投入される作業員の総人数とに基づいて一人当たりの基準作業時間を設定するステップと、コンベヤーとは逆の流れ方向に連続して上記製品を分割する複数の作業エリアを割り当てているステップと、割り当てられた各エリア内で細分化可能な要素作業からなるエリア分け対象作業群と各エリアに分割不能な非エリア分け対象作業群とに上記複数の要素作業を分類するステップと、上記複数の要素作業のうち、非エリア分け対象作業群に分類された各要素作業を、エリア分け対象作業群の各要素作業に先立って処理されるべき先処理群と後に処理されるべき後処理群とに細分化するステップと、先処理群に分類された要素作業を、その工程順を維持した状態で、流れ作業の上流端の作業員から順に基準作業時間単位で配分するステップと、後処理群に細分化された要素作業を、その工程順を維持した状態で、流れ作業の下流端の作業員から順に基準作業時間単位で配分するステップと、両処理群の配分の後に、エリア分け対象作業群に分類された要素作業を、その工程順を維持した状態で、流れ作業の上流端の作業員から順に基準作業時間単位でグループにするステップとを備え、配分後に作業員間での作業時間のばらつきが生じた場合には、非エリア分け対象作業群の要素作業とエリア分け対象作業群の要素作業とを選択的に、当該要素作業に係るエリア内での優先順位を維持した状態で隣接するグループ間で入れ替えることにより、各作業員間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップとを含んでいることを特徴とする作業配分最適化方法。

【請求項3】請求項1または2記載の作業配分最適化方法において、

法において、

決定された一人当たりの割り当て作業時間に基づいて流れ作業を実行するステップと、

実行しているラインから各作業員毎に作業時間を測定するステップと、

測定された実作業時間と上記割り当て作業時間とを比較して、割り当て作業時間よりも実作業時間が予め定めた許容範囲を越える場合にその超過時間を求めるステップと、

10 超過時間を二分した作業時間に最も近い要素作業を隣接するグループに、その順位を維持した状態で振り分けるステップとをさらに含んでいる作業配分最適化方法。

【請求項4】請求項1、2または3記載の作業配分最適化方法において、

上記要素作業は、複数の要素作業を単一のものとみなして特定されたものを含んでいる作業配分最適化方法。

【請求項5】請求項2、3、または4記載の作業配分最適化方法において、

20 エリア分け対象作業群に分類された各要素作業をその工程順に基準作業時間単位でグループにするステップに先立って、基準作業時間に満たないグループが生じている場合には、当該グループの要素作業が基準作業時間に達するように、エリア分け対象作業群の要素作業を、その順位を維持した状態で配分するステップとをさらに含む作業配分最適化方法。

【請求項6】請求項2、3、4、または5記載の作業配分最適化方法において、

各要素作業の難易度と投入される各作業員の熟練度とをそれぞれランキングするステップと、

30 ランキングされた作業難易度と熟練度との間で成立する時間変化係数を設定するステップと、

設定された時間変化係数に基づいて、個々の要素作業の作業時間をそれが配分される作業員に対応して補正するステップと、

補正された作業時間に基づいて各要素作業を優先順に配分することにより、各作業員間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップとをさらに含んでいる作業配分最適化方法。

【発明の詳細な説明】

40 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は作業配分最適化方法に関し、特にワイヤハーネスやワイヤハーネスを構成するサブアセンブリ（以下、「ワイヤアセンブリ」と総称する）の組立作業に利用される作業配分最適化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般にワイヤアセンブリに代表されるような複雑で多数の工程を経て生産される工業製品においては、複数の作業員による流れ作業が行なわれる。例えば、ワイヤアセンブリは車の「神経部分」に該当する部

品であり、端子付電線をコネクタに接続することにより、サブアセンブリを生産するサブアセンブリ工程、生産された幾つかのサブアセンブリを選択して図板と呼称される作業台の上に配索する配索工程、配索されたサブアセンブリにテーピングを施したり、外装部品を取り付けて、グロスアセンブリするグロスアセンブリ工程等を含んでいる。これらの各工程は、そのほとんどが、10人～20人程度で構成される組立ラインでの流れ作業、且つ、手作業で行なわれる。そのような組立ラインで生産変動や欠員発生などがあつた場合、実際に組立作業を行なう工数（組立実工数）が標準として定められた工数（標準工数）から大きく変化してしまい、生産数や品質に大きな悪影響を及ぼしてしまう場合がある。そこで、従来、組立ラインでの人員構成は、通常、当該組立ラインを管理する管理者が、経験や勘によって、個々の作業者の経験数や作業能力を判断して配分していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述のような組立ラインにおける作業配分は、人の作業習熟度や欠員、或いは作業の特性による難易度等、定量化が困難な要因を考慮する必要が頻発する。そのため、配分計算自身に多くの時間を要し、しかも管理者によってばらつきが多くなる結果、効率が必ずしも高くはならず、処理配分の最適化は、至って困難であるという不具合があつた。しかも、ワイヤアセンブリのように、比較的大きな製品を製造する場合には、およそ0.8m×4mもの図板（作業台）に、優先順位の定められた作業手順に従って部品を配索し、組み立てる必要があるため、その最適化を決定することが一層困難になっていた。

【0004】 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、管理者の個人差によることなく、組立ラインでの処理配分を迅速に最適化することのできる作業配分最適化方法を提供することを課題としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明は、複数の要素作業からなる流れ作業を複数の作業で処理するに当たり、各作業に対する作業配分を最適化するための作業配分最適化方法であつて、各要素作業の難易度と投入される各作業者の熟練度とをそれぞれランキングするステップと、ランキングされた作業難易度と熟練度との間で成立する時間変化係数を設定するステップと、設定された時間変化係数に基づいて、個々の要素作業の作業時間をそれが配分される作業者に

対応して補正するステップと、補正された作業時間に基づいて各要素作業を優先順に配分することにより、各作業

それぞれランキングされ、それに基づいて時間変化係数が設定される。このステップでは、例えば、AHP（Analytic Hierarchy Process）に基づくアンケートによって、各要素作業の難易度が決定されるとともに、作業者の熟練度が、当該作業者の経験年数や作業時間の実測テスト等によって各作業毎に定められる。そして、決定された難易度と熟練度とのマトリックスを作成し、個々の作業について、個々の要素作業を行なう際の時間変化係数を割り当てる。これは、要素作業の難易度が高くなるほど、熟練した作業者とそうでない作業者との間の時間増加率が大きくなることを本件発明者が知見したことに基づくものである。「投入される作業者の熟練度」と要素作業の難易度との間で成立する係数を求めることによって、作業者の欠員を考慮して要素作業を配分することが可能になる他、作業毎に各作業の時間変化係数を割り当てて、作業者の熟練度と作業の難易度とを最適配分の要素に含めた予測作業時間を演算することが可能になる。そして、演算された予測作業時間に基づいて各作業間で予測作業時間が一人当たりの割り当て作業時間が均衡するように各要素作業を各作業者に割り当てることにより、最小作業時間で各作業者の作業時間を可及的に均一化することができる。

【0007】 各作業間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップは、各作業間での作業時間のバランス率が予め定めた許容値を越えるように各作業間で要素作業を変更するステップを含むものであることが好ましい。その場合には、個々の配分条件の中で最適化に必要な作業時間の可及的な均一化が得られることになる。その許容値は、例えば90パーセントを越えていればよく、必ずしも100パーセント均一であることを要しない。

【0008】 本発明の別の態様は、優先順位が定められた複数の要素作業からなる流れ作業を、製品を搬送するコンベヤーの流れに沿って複数の作業で処理するに当たり、各作業に対する作業配分を最適化するための作業配分最適化方法であつて、総作業工数と投入される作業者の総人数とに基づいて一人当たりの基準作業時間を設定するステップと、コンベヤーとは逆の流れ方向に連続して上記製品を分割する複数の作業エリアを割り当てているステップと、割り当てられた各エリア内で細分化可能な要素作業からなるエリア分け対象作業群と各エリアに分割不能な非エリア分け対象作業群とに上記複数の要素作業を分類するステップと、上記複数の要素作業のうち、非エリア分け対象作業群に分類された各要素作業を、エリア分け対象作業群の各要素作業に先立って処理されるべき先処理群と後に処理されるべき後処理群とに細分化するステップと、先処理群に分類された要素作業を、その工程順を維持した状態で、流れ作業の上流端の作業から順に基準作業時間単位で配分するステップと、後処理群に細分化された要素作業を、その工程順を

維持した状態で、流れ作業の下流端の作業員から順に基準作業時間単位で配分するステップと、両処理群の配分の後に、エリア分け対象作業群に分類された要素作業を、その工程順を維持した状態で、流れ作業の上流端の作業員から順に基準作業時間単位でグループにするステップとを備え、配分後に作業員間での作業時間のばらつきが生じた場合には、非エリア分け対象作業群の要素作業とエリア分け対象作業群の要素作業とを選択的に、当該要素作業に係るエリア内での優先順位を維持した状態で隣接するグループ間で入れ替えることにより、各作業員間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップとを含んでいることを特徴とする作業配分最適化方法である。ここで特筆すべきことは、隣接するグループ間で要素作業を入れ替えるため、各作業員に対して大幅な構成要素作業の変更が発生しないことである。

【0009】この特定事項を含む発明では、一人当たりの基準作業時間を設定して、基準作業時間単位で要素作業を配分するに当たり、まず、各作業員に対し、コンベヤーとは逆の流れ方向に連続して上記製品を分割する複数の作業エリアが割り当てられる。この作業エリアを設定することにより、作業員は、コンベヤーの搬送方向と逆向きに作業を行なうことができるので、作業員の移動量を可及的に低減し、作業効率を向上させることができる。そして、各要素作業を、上記作業エリア毎に細分化可能な要素作業からなるエリア分け対象作業群と、各エリアに分割不能な非エリア分け対象作業群とに分類し、非エリア分け対象作業群をエリア分け対象作業群に先立つ先処理群と後続する後処理群とに細分化して、これらの順位を特定しているため、全体の作業手順が前後することなく、各作業群の配分を行なうことができる。さらに、一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップでは、非エリア分け対象作業群の要素作業とエリア分け対象作業群の要素作業とを選択的に、当該要素作業に係るエリア内での優先順位を維持した状態で隣接するグループ間で入れ替えているので、作業エリアの順位、並びに各エリア内における作業手順を維持した状態で配分の均衡を図ることが可能になる。ここで、「選択的に」とは、そのばらつき状態に応じて、非エリア分け対象作業群の要素作業のみを入れ替える場合であってもよく、エリア分け対象作業群の要素作業のみを入れ替える場合であってもよく、さらに両対象作業群の要素作業を何れも入れ替える場合であってもよいことを示している。加えて、入れ替えは、一人当たりの作業時間値を変更することにより全体的に行なうものであってもよく、個別に要素作業の配分を変更するものであってもよい。

【0010】好ましい態様においては、決定された一人当たりの割り当て作業時間に基づいて流れ作業を実行するステップと、実行しているラインから各作業員毎に作業時間を測定するステップと、測定された実作業時間と上記割り当て作業時間とを比較して、割り当て作業

時間よりも実作業時間が予め定めた許容範囲を越える場合にその超過時間を求めるステップと、超過時間を二分した作業時間に最も近い要素作業を隣接するグループに、その順位を維持した状態で振り分けるステップとをさらに含んでいる。

【0011】この特定事項を含む発明では、実際の作業時間がフィードバックされることにより、一人当たりの割り当て作業時間よりも実作業時間が予め定めた許容範囲を越える場合に、各要素作業が、その順位が維持された状態で再配分される。また、上記エリア分け対象作業群および非エリア分け対象作業群の要素作業は、複数の要素作業を単一のものとみなして特定されたものを含んでいることが好ましい場合がある。

【0012】この特定事項を含む発明では、一定の条件下では、複数の要素作業が単一のものとみなされて、一体的に配分され、組み替えられる。例えば、ワイヤセンブリを製造する際に電線の端末部分を処理する作業において、端末部分のテープ巻き作業、コルゲートチューブの取り付け作業、コルゲートチューブをテープで固定する作業という、三つの作業を伴う場合がある。これらを要素作業として分離した場合、一連の作業が別々の作業員によって途中で終了する可能性があり、全体としては、個々の作業を行なう度に一回ずつ端末部分の取り置きが行なわれることになるので、却って効率が悪くなる。また、同一コネクタに複数の端子を挿入する作業を別々の作業員が行なった場合には、挿入忘れが生じやすくなる。そこで、そのような特定の作業については、複数の要素作業を単一のものとみなすようにしたのである。

【0013】さらに、エリア分け対象作業群に分類された各要素作業をその工程順に基準作業時間単位でグループにするステップに先立って、基準作業時間に満たないグループが生じている場合には、当該グループの要素作業が基準作業時間に達するように、エリア分け対象作業群の要素作業を、その順位を維持した状態で配分するステップをさらに含むことが好ましい。

【0014】この特定事項を含む発明では、非エリア分け対象作業群をグループに分けた際に、一人当たりの基準作業時間に満たないグループが最後に生じる場合がある。その場合には、エリア分け対象作業群の要素作業を配分することによって、作業時間が端数となるグループを消去し、全てのグループの作業時間を均衡させることが可能になる。

【0015】また、作業要素をエリア分け対象作業群と非エリア分け対象作業群とに分類する態様は、各要素作業の難易度と投入される各作業員の熟練度とをそれぞれランキングするステップと、ランキングされた作業難易度と熟練度との間で成立する時間変化係数を設定するステップと、設定された時間変化係数に基づいて、個々の要素作業の作業時間をそれが配分される作業員に対応し

て補正するステップと、補正された作業時間に基づいて各要素作業を優先順に配分することにより、各作業者間で一人当たりの割り当て作業時間を均衡させるステップとをさらに含んでもよい。

【0016】この特定事項を含む発明では、各要素作業をグループに分ける際に「投入される作業者の熟練度」と要素作業の難易度との間で成立する係数を求めることによって、作業者の欠員を考慮して要素作業を配分することが可能になる他、作業者毎に各作業の時間変化係数を割り当てて、作業者の熟練度と作業の難易度とを最適配分の要素に含めることが可能になる。そして各作業者間で一人当たりの割り当て作業時間が均衡するように各要素作業を各作業者に割り当てることにより、最小作業時間で各作業者の作業時間を可及的に均一化することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳述する。図1は本発明の実施の一形態における組立設備の構成図である。同図を参照して、この組立ラインは、ワイヤアセンブリの組立ライン1と、この組立ライン1の作動制御を行なう制御装置2と、制御装置2と通信機能を有する作業配分シミュレーター3とを有している。

【0018】上記組立ライン1は、ワーク（図示の例ではワイヤハーネス）Wを搬送する搬送板11を無端コンベヤー12で巡回させ、当該無端コンベヤー12の周囲に配設されたステーションST1～ST10に一人ずつ作業者Pを配置して、流れ作業を行なうように構成されている。各ステーションST1～ST10には、作業スイッチ13が作業者P毎に配置されている。作業スイッチ13は、例えばワイヤレススイッチ等で具体化されたものであり、各作業者Pは、自分に割り当てられた作業が終了した直後に作業スイッチ13を接続するように義務づけられており、この作業スイッチ13によって、図2に示すように、各作業者Pが1サイクルの作業を完了するのに実際に費やした時間（以下、これを「実作業時間」という）を計測することができるようになっている。

【0019】上記制御装置2は、組立ライン1の駆動系の運転制御を行なう他、各ステーションST1～ST10で操作される作業スイッチ13の出力を受信して、作業者P毎に実作業時間を集計することができるように構成されている。上記作業配分シミュレーター3は、ハードディスクドライブを有する周知のパーソナルコンピュータ31、このパーソナルコンピュータ31に接続されるディスプレイ4およびプリンタ5、並びに上記パーソナルコンピュータ3に接続される作業者データベース32および製品データベース33等で具体化されている。

【0020】上記パーソナルコンピュータ31のハードディスクには、組立ライン1に投入される作業者Pに各

作業を割り当てる作業配分プログラムがインストールされており、後述するフローチャートに従って作業配分処理を行なうように設定されている。上記作業者データベース32には、投入される作業者Pの名前や各工程に対するスキルレベル等が入力されている。そして、この作業者データベース32において特筆されるべきことは、各作業者P毎に、個々の要素作業に対する作業熟練度が数値化され、記憶されている点である。この作業熟練度のランキングは、最も数値化が困難なところであるが、この実施の形態では、各作業者Pの熟練度が、当該作業者Pの経験年数や作業時間の実測、或いは監督者の評価等によって、各作業者P毎に例えば3段階で定められているとともに、後述する幾つかの手法によって、その誤差を除去することができるようになっている。

【0021】上記製品データベース33は、組立ライン1で製造される製品の品番データや、この品番データをインデックスデータとして、製造されるべき製品の各部品や部品を組み立てるための最小単位の工程（以下、「要素作業」という）等を記憶しているとともに、パーソナルコンピュータ31によって、データの更新や変更が可能になっている。ここで、上記製品データベース33において特筆されることの一つは、要素作業毎に難易度データが含まれている点である。この難易度データは、AHP（Analytic Hierachy Process）に基づくアンケートおよび作業時間の測定実験によって、設定されたものが入力されている。

【0022】図3は、製品の一例としてワイヤハーネスを製造する場合に、このワイヤハーネスのテープ巻き工程の難易度を示す表図である。同図に示すように、ワイヤハーネスの製造において発明者が工場で作業者にアンケートを行なったところ、例えばテープ巻き作業においては、比較的長いハーネスの幹線にテープを巻き付ける作業が最も容易であり、次いで、枝線への水平方向のテープ巻き、枝線から2インチ離れたところでのテープ巻き、左上から右下への枝線へのテープ巻き、…の順に作業が困難になり、治具が混み合ったところでのテープ巻き作業が最も困難であるとの結果を得た。そして、これらのアンケート結果に基づいて、各要素作業に難易度ランキングが付与され、上記製品データベース33に記憶されている。

【0023】次に、各要素作業には、作業者の熟練度別に時間変化係数が割り当てられている。この時間変化係数は、要素作業の難易度が高くなるほど、熟練した作業者とそうでない作業者との間の時間増加率が大きくなることを本件発明者が知見したことに基づくものであり、以下の手順で決定されたものである。図4は、作業時間計測の一例を示す表図である。同図を参照して、図示の実施の形態では、先ず、監督者の経験などに照らし、熟練作業者と未熟練作業者とのモデル作業者をそれぞれ決定し、各モデル作業者に難易度の高い作業と比較的難易

度の低い作業を行わせて、その作業時間を測定した。

【0024】その結果、難易度の比較的低い幹線へのテープ巻き作業においては、熟練作業者が20秒、未熟練作業者が22秒それぞれ要しており、その作業時間増加率は、1.1であった。これに対して、難易度が中程度の分岐部分での結束作業や難易度が高いプロテクターの取り付け作業においては、熟練作業者については、何れも20秒であったが、未熟練作業者では、それぞれ27.3秒、33.7秒となった。

【0025】この測定結果から明らかなように、難易度が高くなるにつれて、熟練作業者と未熟練作業者との間では、作業時間の増加率が大きくなる傾向がある。そこで、この実施の形態では、作業者のスキルレベルと要素作業の作業難易度との関係を示すマトリックス図である図5に示すように、両者を二次元の表にして対応する組み合わせ毎に時間変化係数を個別に割り当て、これをデータとして記憶している。

【0026】次に、入力されている各要素作業には、それぞれの特性毎に分類がなされている。この分類は、各要素作業を投入される作業員Pの人数や、作業員Pに割り当てられる作業ステーションによって、個々の作業が錯綜し、作業員Pの動線が徒に乱れないようにするためのものである。図6は作業員の動線モデルを示す概念図であり、(A)は効率のよい動作、(B)効率の悪い動作をそれぞれ示している。

【0027】同図(A)に示すように、効率がよい動作では、作業員Pは搬送板11の流れD1と逆向きの方向CD1に沿って順次作業を行っており、これによって、作業員は殆ど定位置で止まったままの状態、個々の作業を行なうことになる。これに対して、(B)に示すように、効率が悪い動作では、作業員Pが搬送板11の流れに対して往復移動しており、動作が錯綜している。このような動作環境では、作業員は、搬送板11に沿ってランダムに往復移動することになるので、動線が長くなり、歩行ロスが生じることになる。

【0028】しかし、ワイヤハーネスのような長尺の製品を製造する際には図6(B)のような効率の悪い動作が発生する場合がある。そこで、この実施の形態では、作業員Pが一つの搬送板11上で行なう作業エリアをコンベヤー12の流れ方向D1に対して逆に連続して上記製品を分割する複数の作業エリアを割り当てている。

【0029】図7は作業エリアの割り当て例を示す搬送板11の概略図である。同図を参照して、図示の例では、ワイヤハーネスに大きな分岐部分(幹線と枝線が別れている部分)が例えば4箇所形成されており、作業エリアA～Dは、この四箇所の分岐部分を中心に分割されている。そして、各作業エリアA～D毎に、各要素作業が分類され、上記製品データベース33に、当該製品の作業データとして登録されている。このエリア分けについては、人間工学的見地から、人が立ち止まって両手を

広げて作業できる範囲は約0.9mであるから、搬送板11が3.6mであればエリアは4つ、2.7mであればエリアは3つに分けられる。

【0030】ここで、製品の作業によっては、上述した各作業エリアA～D毎に細分化可能な要素作業からなる群と、細分化することのできない要素作業の群が存在する。例えば、ワイヤアセンブリの場合、電線に対するテープ巻き作業やグロメット等の外装部品取り付け作業等は、作業エリアA～D毎に細分化することが可能であるが、サブアセンブリを作製する作業や、電線を搬送板11に配索する布線作業等は、作業エリア毎には分離することができない。

【0031】そこで、前者のように割り当てられた各作業エリアA～D内で細分化可能な要素作業からなる群を「エリア分け対象作業群」として分類し、後者の作業群を「非エリア分け対象作業群」に分類している。他方、各作業群に分類される要素作業は、それぞれの優先順位を有している。そこで、各要素作業を各作業群に分類する際には、個々の要素作業全体にわたって、要素作業の優先順位が維持された状態で各要素作業がデータ化され、登録される。

【0032】さらに、「非エリア分け対象作業群」に分類された要素作業には、「エリア分け対象作業群」に先立って行なわれるものと、エリア分け対象作業群の処理後に行なわれるものがある。そこで、前者を先処理群、後者を後処理群に細分類し、より最適な要素作業の配分を行なうことができるようにしている。上述したデータベース32、33は、パーソナルコンピュータ31内のハードディスクに登録されているものであってもよく、フロッピーディスクやMO等、外部記憶装置に登録されているものであってもよい。何れの場合であっても、データ内容は頻繁に更新されるので、パーソナルコンピュータ31の入力装置(例えばキーボードやマウス)によって、容易に更新することができるようしておくことが好ましい。

【0033】そして、上記パーソナルコンピュータ31に記憶されているプログラムを実行させることにより、これらデータベース32、33に入力されたデータに基づいて、各作業員Pの配分がシミュレートされる。さらに、パーソナルコンピュータ31は、制御装置2と通信可能に接続されており、後述するフローチャートに従って、上記制御装置2に配分結果を出力し、スキルレベルデータベースをメンテナンスすることができるよう構成されている。

【0034】図8は本発明の実施の一形態における作業配分プログラムのアウトラインを示すフローチャートであり、図9および図10は図8のフローチャートの各ステップに基づいて配分された要素作業を模式的に示す図である。なお、図8のフローチャートからは省略されているが、この実施の形態を具体化するに当たり、作業配

分プログラムを実行するのに要する他のプログラムとして、初期設定プログラム、初期設定変更プログラム、管理帳簿を印刷するための印刷プログラムが含まれており、これらが必要に応じて選択され、実行されるようになっている。

【0035】図8並びに図9および図10を参照して、上記作業配分プログラムが実行されると、まず、ステップS1において、要素作業の登録や作業者の登録等の初期設定がなされ、ステップS2において、要素作業データの入力（製品データベース33からの読取を含む）が、主としてシステムオペレータによって行なわれる。なお、ここでいう「システムオペレータ」とは、システム取り扱い専任者を意味するのではなく、現場の主任技術スタッフやラインリーダー等を指す。ここで、個々の要素作業は、理想状態をモデリングするために、最も熟練した作業者の作業時間値が用いられている。

【0036】さらに一定の条件下で、複数の要素作業を単一のものとみなして特定されたものが含まれている。例えば、ワイヤアセンブリを製造する際に電線の端末部分を処理する作業において、端末部分のテープ巻き作業、コルゲートチューブの取り付け作業、コルゲートチューブをテープで固定する作業という、三つの作業を伴う場合がある。これらを要素作業として、分離した場合、一連の作業が別々の作業者によって途中で終了することになり、全体としては、個々の作業を行なう度に一回ずつ端末部分の取り置きが行なわれることになるので、却って効率が悪くなる。また、同一のコネクタに複数の端子を挿入する作業を別々の作業者が行なった場合には、挿入忘れが生じやすくなる。そこで、そのような特定の作業については、複数の要素作業をいわば、マクロ化して、単一のものとみなすようにしたのである。

【0037】次に、データの読み込みが終了すると、ステップS3において、各データベース32、33に登録されているデータに基づき、作業者Pの投入人数Zや製品の品番名の入力システムオペレータによって行われる。次に、ステップS4において、要素作業のうち、非エリア分け対象作業群から要素作業をその端から順に配分され、ステップS5に示すように非エリア分け対象作業群の要素作業が無くなるまで繰り返される。上述したように、非エリア分け対象作業群は、エリア分け対象作

$$Et = \frac{\text{作業エリアでの総工数}}{\text{エリア分け対象作業群が配分されるステーションの総数}} \times \text{時間変化係数} \quad (6)$$

【0042】により、各グループに割り当てられるべき要素作業の作業時間Etを作業エリア毎に演算する。この一般式で、時間変化係数Cには最も熟練した作業者の時間変化係数を当て、最短時間をシミュレーションの最初のモデルにしている。例えば、非エリア分け対象作業群の配分が図10のようになった場合、各作業エリア

*業群に先立って処理される先処理群と、エリア分け対象作業群の処理後に処理される後処理群とに分類されているが、このステップS4において「端から順に」とは、先処理群においては最先の要素作業から順に、後処理群においては、最後の要素作業から順に取り出すことを意図している。これにより、後述するステップを経て各要素作業が配分されると、図9に示すように、各ステーションST1～STZ（ST10）において、ラインの上流側からは先処理群の要素作業が、ラインの下流側からは後処理群の要素作業が、それぞれステーション毎に作業時間T単位で積み上げられる。積み上げられた各要素作業は、その順番を変更することのできない各ステーション毎における一つのかたまり（以下、「グループ」という）として扱われる。

【0038】要素作業の配分が終わると、ステップS6において、例えば式

$$Gr < T - \alpha \quad (3)$$

により、要素作業が配分されたステーションに、一人当たりの作業時間値Tに満たないものがあるか否かが判別される。（3）式において、Grは配分された要素作業に要する一つのグループでの作業時間値の総和、αは許容値であり、この値αを一人当たりの作業時間値Tから差し引いても配分された作業時間値の総和Grの方が依然小さい場合には、さらに要素作業を追加することができると判断するのである。

【0039】ステップS6において、要素作業をさらに配分することができると判別された場合には、ステップS7において、エリア分け対象作業群に分類された要素作業を端から優先順に配分する。また、Gr ≥ T - αの場合には、エリア分け対象作業群の要素作業の配分（図11）に移行する。図11は図8の配分プログラムにおけるエリア分け対象作業群の配分ステップ以降のステップを示すフローチャートであり、図12は図11のフローチャートの各ステップに基づいて配分された要素作業を模式的に示す図である。

【0040】これらの図を参照して、非エリア分け対象作業群の配分からエリア分け対象作業群の配分に移行すると、ステップS8において、一般式

$$【0041】$$

$$【数1】$$

における一人当たり（一ステーション当たり）の配分作業時間Et(A)-(D)は、それぞれTLCOMA-COMDをエリア毎の総工数、Zを人数とした場合、

$$【0043】$$

$$【数2】$$

13

$$Et_{(A)} = \frac{TL_{comA}}{\{(Z-1) - 2 - 1\}} \times C$$

14

(a)

【0044】

【数3】

$$Et_{(B)} = \frac{TL_{comB}}{\{(Z-1) - 2 - 1\}} \times C$$

(b)

【0045】

【数4】

$$Et_{(C)} = \frac{TL_{comC}}{\{(Z-1) - 2 - 1\}} \times C$$

(c)

【0046】

【数5】

$$Et_{(D)} = \frac{TL_{comD}}{\{(Z-1) - 2 - 1\}} \times C$$

(d)

【0047】となる。次に、ステップS9に移行して、エリア分け対象作業群から作業エリア毎に要素作業を、その優先順（下流側のエリアから工程順）に取り出す。さらに、この要素作業に要する作業時間を演算するために、ステップS10において、最も熟練した作業者の時間変化係数を選んで、当該総作業の作業時間tを求め

る。

【0048】そして、ステップS11において、演算された作業時間tに基づいて、

$$Et_{(A)} \leq \Sigma t \quad (7)$$

$$Et_{(B)} \leq \Sigma t \quad (8)$$

$$Et_{(C)} \leq \Sigma t \quad (9)$$

$$Et_{(D)} \leq \Sigma t \quad (10)$$

（但し $Et_{(A)} + Et_{(B)} + Et_{(C)} + Et_{(D)} = T$ ）を順次満たすように、一のステーション当たりに配分されるべき要素作業を当該要素作業に係るエリア毎に工程順に積み重ねて当該要素作業をグループ化する。これに*

*より、図12に示すように、上流側のステーションから順に、各エリア毎の要素作業が、搬送方向下流側（図7参照）のエリア順に配列され、個々のエリア内での要素作業の順番は、工程順に配列される。

【0049】要素作業の配分が（10）式まで終了すると、ステップS12において、エリア分け対象作業群の要素作業がなくなったか否かが判別され、要素作業が残っている場合には、ステップS9に戻って、次のステーション毎に配分作業を繰り返し、残っていない場合には、次のステップS13に移行する。ステップS13においては、配分された各ステーションでの配分のバランスがチェックされる。

【0050】この過程では、ステーションの数をn（1からZ個）、各ステーションでの作業時間をTn、最も長い作業時間をTn(MAX)とした場合に

【0051】

【数6】

$$R_B = \frac{\sum_{n=1}^Z T_n}{T_{n(MAX)} \times Z} \quad (11)$$

【0052】で定義されるバランス率R_Bが90パーセントを越えているか否かが判別され、越えている場合には、良好なバランス率として演算結果を出力する（ステップS24）。他方、バランス率R_Bが90パーセントを越えていない場合には、後述する再配分処理に移行する。図13は、配分後の各要素作業を模式的に示す基本配分パターン（最も熟練した作業者による場合の時間値）を示すピッチダイアグラムである。

【0053】図13の実線で示すように、配分の結果、バランス率R_Bが90パーセントを越えている場合には、各ステーションSTにおいて、何れも一人当たりの作業時間値Tに近似するところで揃っている。これに対し、90パーセントに満たない場合には、図13の二

点鎖線（ステーションST3、ST6のところ）で示すように、いずれかのステーションの作業時間値の総和G_Tが一人当たりの作業時間値Tを突出する等のばらつきが生じている。図11のステップS13で二点鎖線で示すようなばらつきが検出された場合、図14に示す再配分処理に移行する。

【0054】図14は図11における配分修正処理のフローチャートである。同図を参照して、配分修正処理に移行した場合、まず、ステップS14において、図8のステップS4で設定した作業時間Tに補正係数C_{TN}を設定可能か否かが判別される。この補正係数C_{TN}は、例えば、他の配分要因を考慮して設定された幾つかの数値（例えば1.01、1.05等）であり、そのような

数値 C_{TN} を利用可能な場合には、ステップS15に移行して、

$$T = C_{TN} \times T \quad (5)$$

を求め、上述した図8のステップS4以降の配分を再度やり直すとともに、 C_{TN} を用い尽くした場合や設定できない場合には、ステップS16においてその演算結果を出力して終了する。

【0055】これにより、各要素作業は可及的に各ステーションに均等に配分される。また、その結果は、理想状態のラインバランスを示すことになる。図11に戻って、ステップS13での演算結果が図13の実線で示す状態に至った場合、ステップS17に移行して演算結果を出力し、さらにステップS18において、各ステーションに作業員Pを配分する。このステップS18での作業員の配分は、経験則上、難作業が集中していると考えられるステーションに最も熟練した作業員が配分されるように、予めステーション毎に難易度をランキングしておき、自動的に作業員を割り当てるようにする。その際、難ステーションか否かの判定は、各ステーション毎に存在する要素作業の難易度をパーソナルコンピュータ31が自動的に計算する仕組みになっている。

【0056】さらに、これまで繰り返し説明してきたように、各要素作業は、最も熟練した作業員の時間変化係数Cを基準にして配分されているので、現実投入された作業員Pをステーションに割り当てた場合、個々の作業員Pの能力や作業時のコンディションによって、計算通りに作業を処理することができない場合がある。そこで、以下のステップでは、これら作業員の人的要因を考慮した再配分処理を行なうようにしている。

【0057】その第1として、ステップS19において、各ステーションに配分された作業員の時間変化係数に基づき、当該ステーションの各要素作業の作業時間を再計算している。図15は作業員Pを配置した後における各要素作業を模式的に示す基本配分パターンを示すピッチダイアグラムである。同図に示すように、このステップS19では、多くの場合、図13の状態にある配分が、図15のようにばらつくことになる。ステップS20では、このばらつきの程度が上記(11)式によって再度検討され、バランス率 R_B が90パーセントを越えている場合には、良好なバランス率として演算結果を出力し(ステップS21)、越えていない場合には、後述する再配分処理に移行する。

【0058】仮にバランス率 R_B が90パーセントを越えている場合、或いは、後述する再配分処理によって90パーセントを越えた場合、ステップS22において、実作業時間に基づくフィードバック処理が行なわれる。このステップでは、図1で説明した作業スイッチ13によって、実際に組立作業をしている作業員Pに実作業時間の測定を行い、その集計結果に基づいて、実際の作業時間のばらつきを上記(11)式に基づいて判別し(ス

テップS23)、バランス率が低い場合には、再配分処理が行なわれるとともに、バランス率が高い場合には、演算結果が出力される(ステップS24)。なお、上述した各出力処理は、演算結果を図1に示すパーソナルコンピュータ31からディスプレイ4に表示したり、プリンタ5で印刷したりする作業の他、制御装置2に演算結果を送信して、組立ライン1を駆動できるようにすることも含まれる。

【0059】図16は図11のフローチャートにおける再配分処理の各ステップを示すフローチャートである。また、図17～図19は、再配分の過程を模式的に示すピッチダイアグラムであり、(A)は配分前、(B)は配分後を示している。まず、再配分処理にステップが進むと、ステップS25において、最も作業時間がかかっているステーションに係る作業時間 $T_{n(MAX)}$ が検出される。図17(A)～図19(A)では、ステーションST4の作業時間が最も突出している。

【0060】次に、ステップS26において、作業時間 $T_{n(MAX)}$ に係るステーションに隣接するステーションの作業時間が読み込まれる。図17(A)～図19(A)では、ステーションST3とステーションST5の各作業時間 $T_{n(MAX)-1}$ 、 $T_{n(MAX)+1}$ がそれぞれ参照される。さらに、ステップS27において、

$$D_{-1} = T_{n(MAX)} - T_{n(MAX)-1} \quad (12)$$

$$D_{+1} = T_{n(MAX)} - T_{n(MAX)+1} \quad (13)$$

が演算される。この数値 D_{-1} 、 D_{+1} によって、 $T_{n(MAX)}$ に係るステーションから要素作業が選択され(ステップS28)、選択された要素作業を、それに対応する数値 D_{-1} 、 D_{+1} に係るステーションに対し、順位を維持した状態で移動させることにより、再配分が行なわれる(ステップS29)。

【0061】例えば図17のようなケースの場合、ステップS27の(12)、(13)式からステーションST4の要素作業 D_7 (添字は工程順位を表す)が選択され、後続するステーションST5の作業エリアDにおける要素作業 D_8 の前に(要素作業 D_8 に先立って要素作業 D_7 が処理されるように)再配分される。ここで、再配分される作業を、A、B、C、D、…のいずれから選択するかを決定する際の条件については、他のステーションより時間が突出しているステーションの要素作業の中で、A、B、C、D、…のうち、最も時間比率の高いエリアの中の要素作業を再配分対象作業とする。この理由としては、最も時間のかかるところ(比率の高いエリア)では、作業員がコンベヤの流れとともに移動している割合が大きくなっていることを示唆するからである。

【0062】また、図18のようなケースの場合には、ステーションST4の要素作業 D_5 が、先行するステーションST3の作業エリアDにおける要素作業 D_4 の後ろに(要素作業 D_4 の後で要素作業 D_5 が処理されるよ

うに)再配分される。さらに、図19のようなケースの場合には、B₇が先行するステーションST3の作業エリアBにおける要素作業B₆の後ろに(要素作業B₆の後で要素作業B₇が処理されるように)再配分されるとともに、要素作業D₈が、後続するステーションST5の作業エリアDにおける要素作業D₉の前に(要素作業D₉に先立って要素作業D₈が処理されるように)再配分される。

【0063】なお、不均衡が生じている場合に、要素作業を再配分することができない場合もあるが、その場合には、図14で説明したステップS14~16に準じて作業時間Tを変更することにより、対処することが可能になる。以上説明したように、上述した実施の形態では、複雑な配分要因を有する作業配分ノウハウをロジック化することにより、極めて容易且つ短時間に行なうことができるので、作業配分の効率を高め、もって組立ラインの稼働率を向上することができる。

【0064】しかも、品番を構成する作業難易度と投入される作業者の人数や構成員のスキル特性に基づいて、作業配分を最適化することが可能になるので、組立ラインでの作業効率も高くなる。図20は、本件発明者が実際に上記実施の形態に基づいてワイヤハーネスを製造した際の作業能率を測定した結果を示すグラフである。同図において、棒グラフは欠勤率を、折れ線グラフは能率をそれぞれ示している。図20に示すように、上述したシステムの導入前(2月6日以前)と導入後では、同じ欠勤率(例えば1月30日と2月16日)であっても、導入後では、能率を110パーセント以上に維持することが可能になった。

【0065】このように、上述した実施の形態では、容易に作業配分を決定することができ、しかも、それによって、各要素作業の作業順位を全く変更することなく、各ステーションSTでの作業時間を均衡化し、可及的に所望の作業時間Tに均一化することができるという顕著な効果を奏する。上述した実施の形態は本発明の好ましい具体例を例示したものに過ぎず、本発明は上述した実施の形態に限定されない。本発明の特許請求の範囲内で種々の設計変更が可能であることは言うまでもない。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、製品特性やそれに基づく作業特性等に基づいて複数の作業員に対し、作業を適切且つ迅速に配分することができるという顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態における組立設備の構成図である。

【図2】図1の組立設備において、作業員の作業時間を示す図である。

【図3】製品の一例としてワイヤハーネスを製造する場

合に、このワイヤハーネスのテープ巻き工程の難易度を示す表図である。

【図4】作業時間計測の一例を示す表図である。

【図5】作業員のスキルレベルと要素作業の作業難易度との関係を示すマトリックス図である。

【図6】作業員の動線モデルを示す概念図であり、(A)は効率のよい動作、(B)効率の悪い動作をそれぞれ示している。

【図7】作業エリアの割り当て例を示す搬送板の概略図である。

【図8】本発明の実施の一形態における作業配分プログラムのアウトラインを示すフローチャートである。

【図9】図8のフローチャートの各ステップに基づいて配分された要素作業を模式的に示す図である。

【図10】図8のフローチャートの各ステップに基づいて配分された要素作業を模式的に示す図である。

【図11】図8の配分プログラムにおけるエリア分け対象作業群の配分ステップ以降のステップを示すフローチャートである。

【図12】図11のフローチャートの各ステップに基づいて配分された要素作業を模式的に示す図である。

【図13】配分後の各要素作業を模式的に示す基本配分パターン(最も熟練した作業員による場合の時間値)を示すピッチダイアグラムである。

【図14】図8における配分修正処理のフローチャートである。

【図15】作業員を配置した後における各要素作業を模式的に示す基本配分パターンを示すピッチダイアグラムである。

【図16】図11のフローチャートにおける再配分処理の各ステップを示すフローチャートである。

【図17】再配分の過程を模式的に示すピッチダイアグラムであり、(A)は配分前、(B)は配分後を示している。

【図18】再配分の過程を模式的に示すピッチダイアグラムであり、(A)は配分前、(B)は配分後を示している。

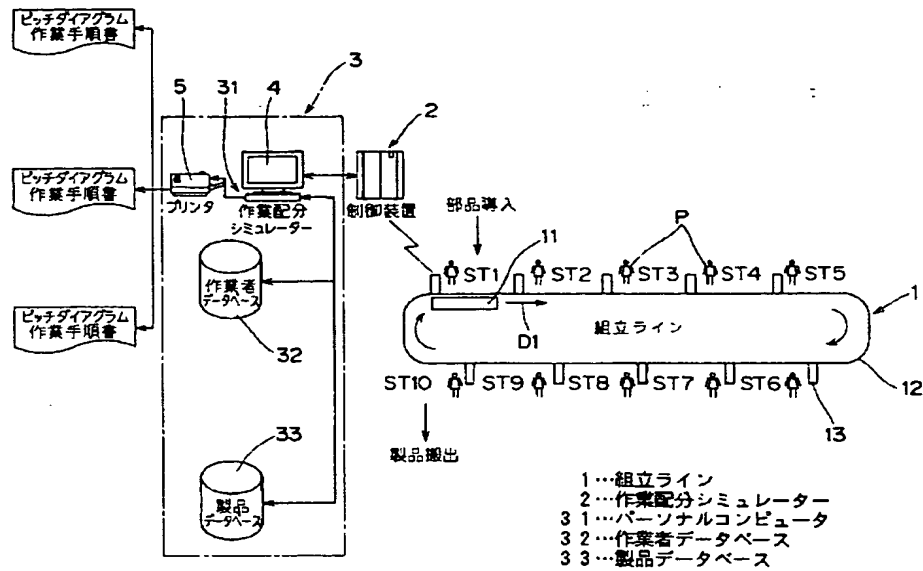
【図19】再配分の過程を模式的に示すピッチダイアグラムであり、(A)は配分前、(B)は配分後を示している。

【図20】本件発明者が実際に上記実施の形態に基づいてワイヤハーネスを製造した際の作業能率を測定した結果を示すグラフである。

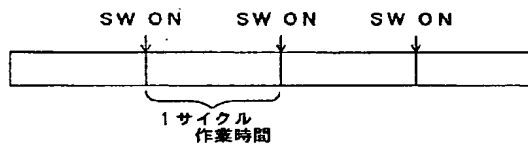
【符号の説明】

- 1 組立ライン
- 2 作業配分シミュレーター
- 31 パーソナルコンピュータ
- 32 作業員データベース
- 33 製品データベース

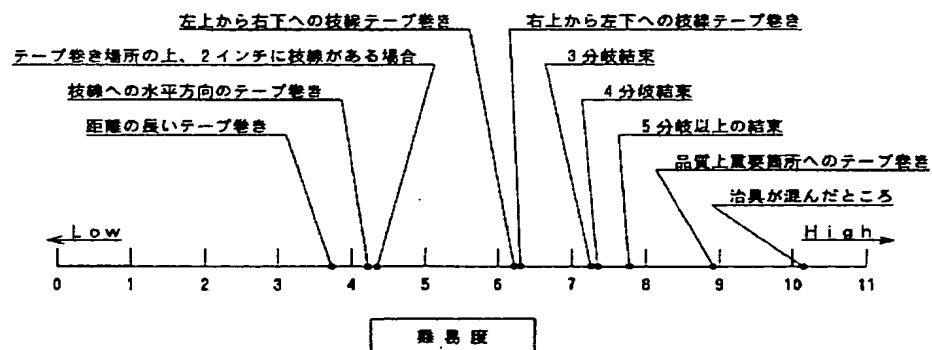
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

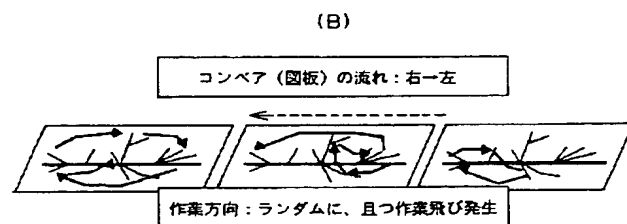
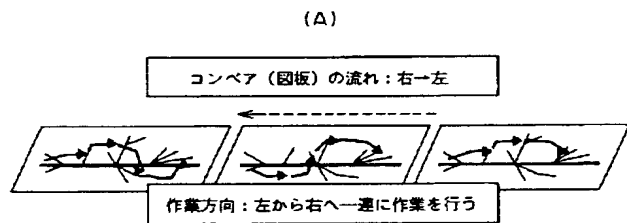
作業条件	幹線へのハーフラップ		分岐結束		プロテクター取り付け	
作業時間 (sec) alf lap of	スキルの高い 作業者	20.0	スキルの高い 作業者	20.0	スキルの高い 作業者	20.0
	スキルの低い 作業者	22.0	スキルの低い 作業者	27.3	スキルの低い 作業者	33.7
時間変化率	1.1		1.4		1.7	

【図5】

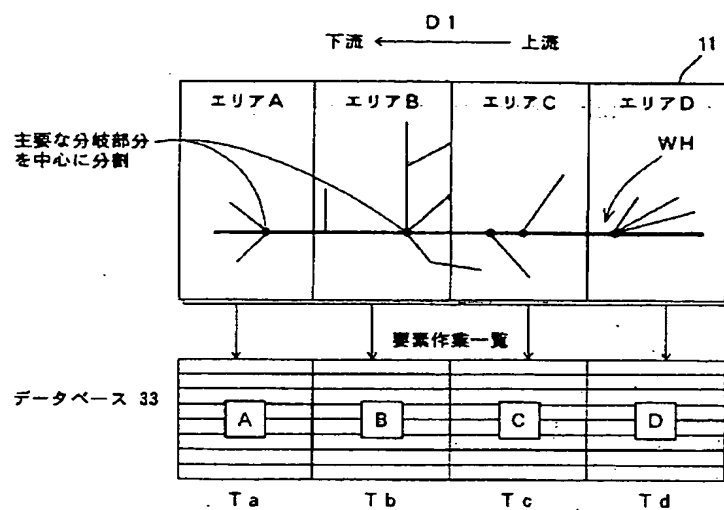
スキルレベル 作業難易度	1	2	3
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3
E	E1	E2	E3

作業難易度：C、スキルレベル：2の場合、
作業時間＝基本作業時間×C2

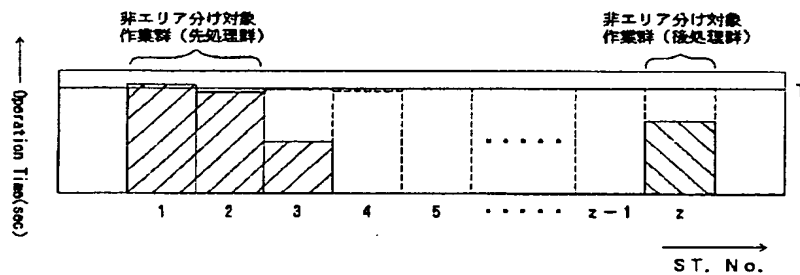
【図6】



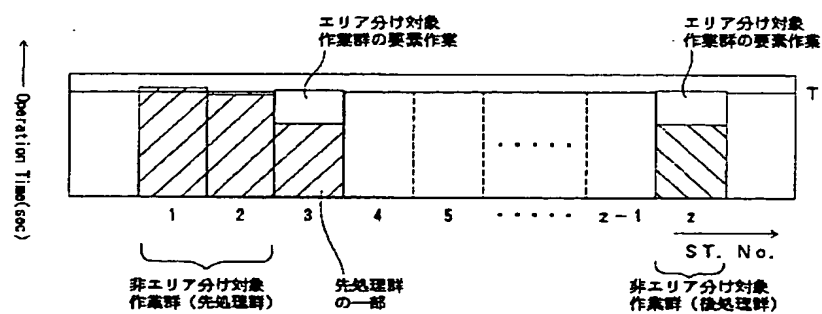
【図7】



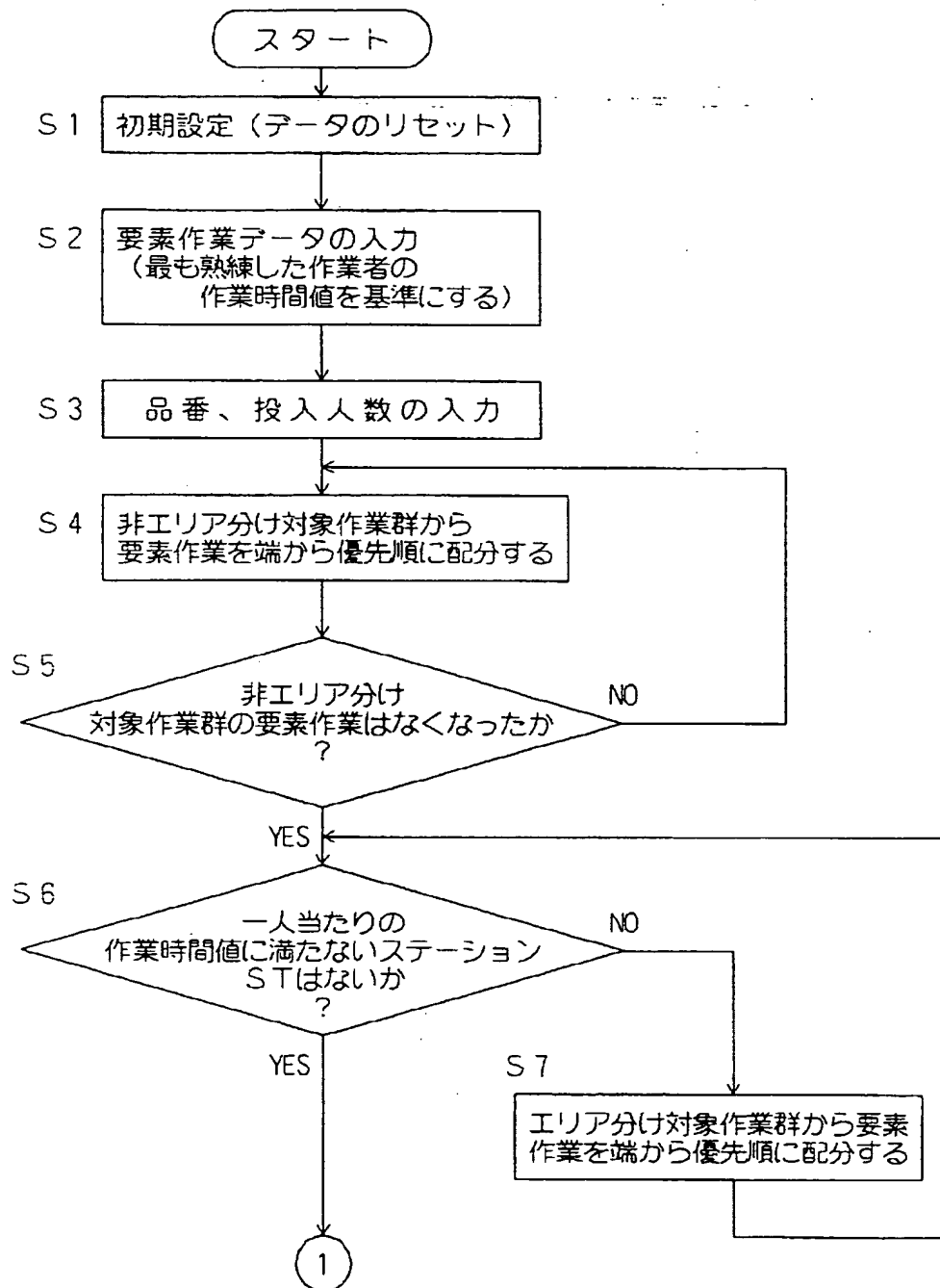
【図9】



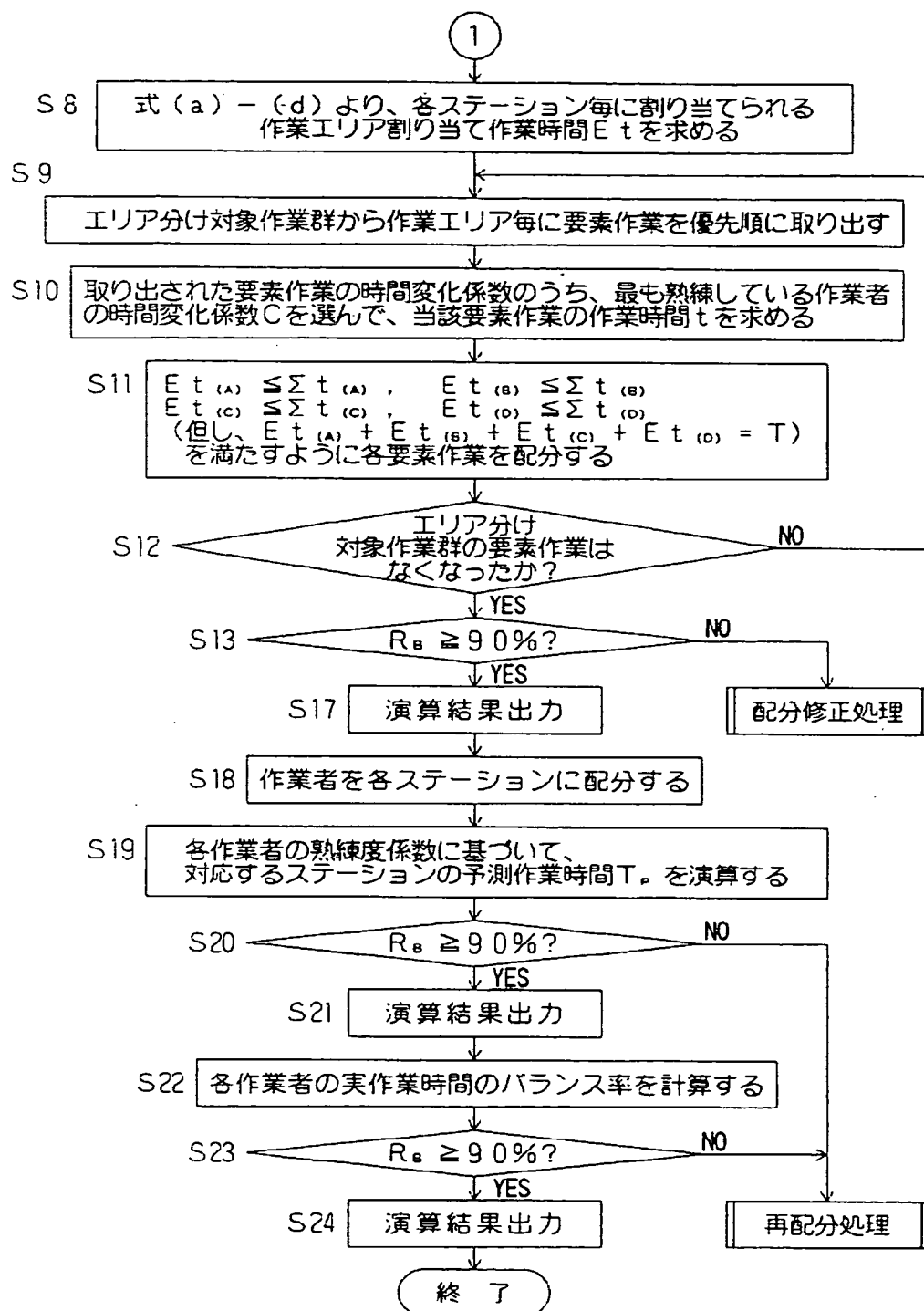
【図10】



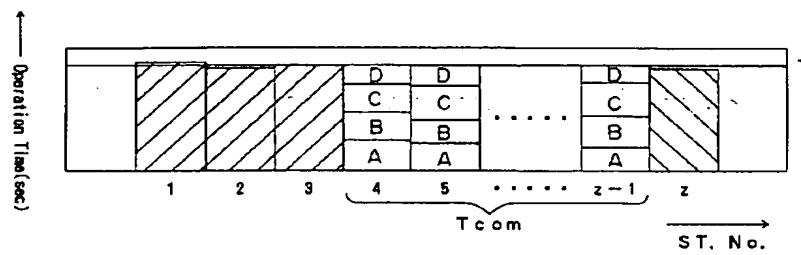
【図8】



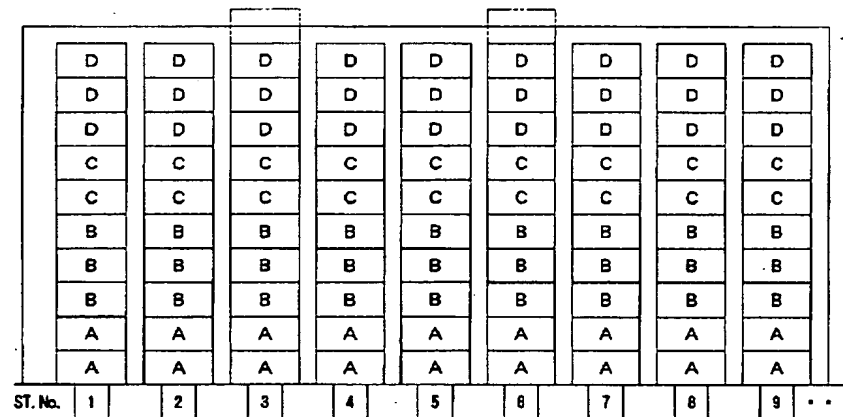
【図11】



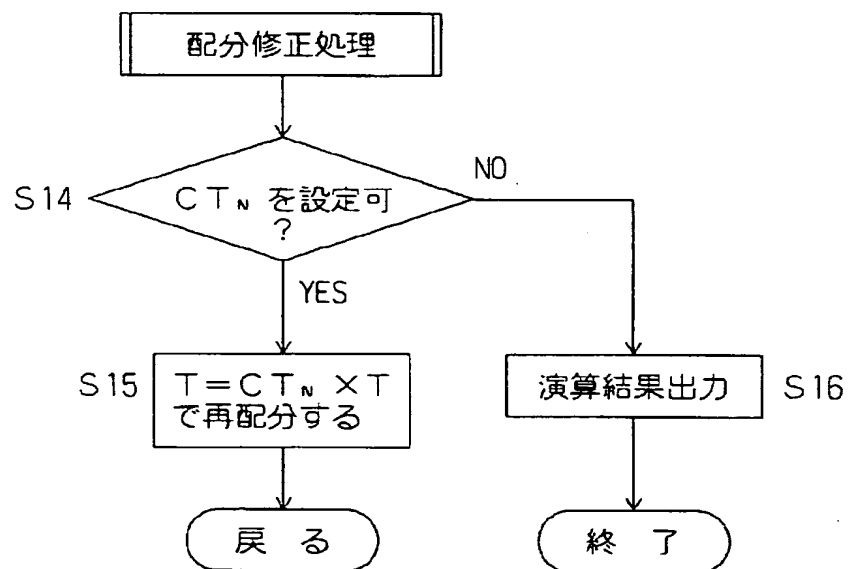
【図12】



【図13】



【図14】

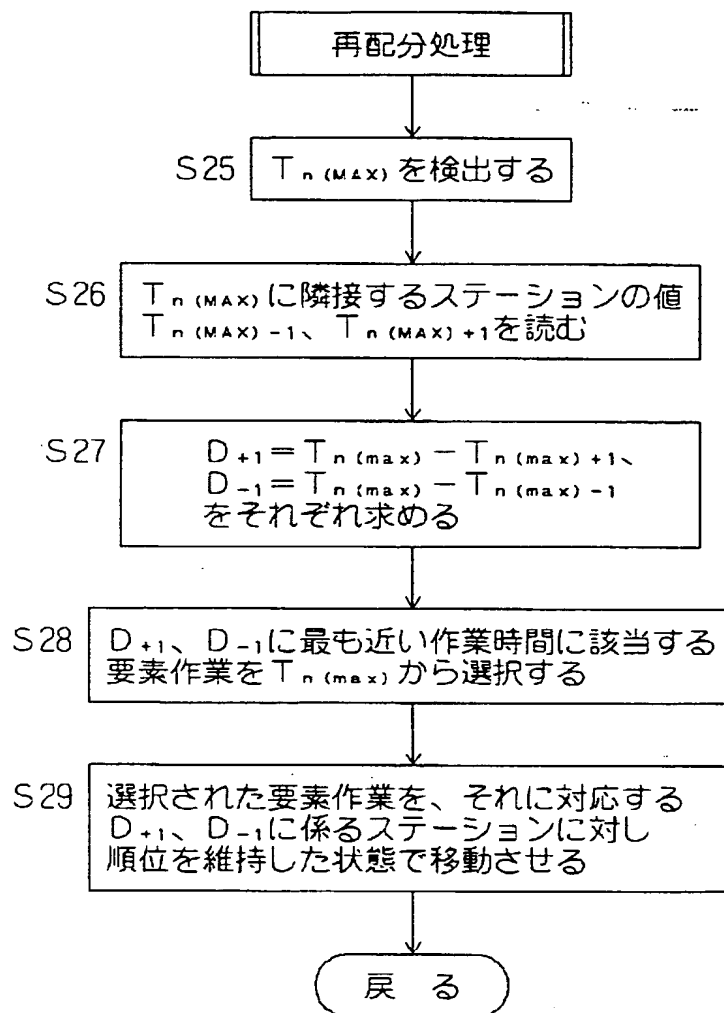


ST. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
Skill level	3	2	3	3	3	1	2	3	3	...

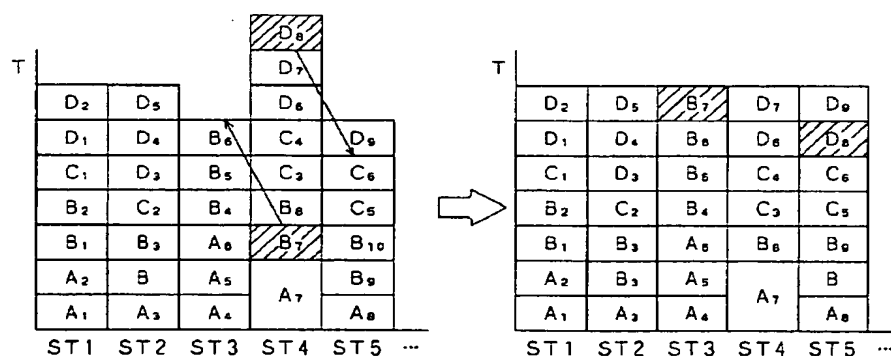
Figure 1 illustrates the transformation of a sparse matrix. The left matrix is a 7x5 sparse matrix with non-zero elements D_1 through D_9 . An arrow points to the right matrix, which is a 7x5 dense matrix where the non-zero elements are stored in a compact format, with D_7 and D_9 being zeroed out or represented differently. The matrices are labeled T and have columns $ST1$ through $ST5$.

Figure 1 illustrates the transformation of a 2D array A into a 1D array B . The array A is a 7x5 grid with elements A_1 to A_{14} . The array B is a 7x5 grid with elements B_1 to B_{14} . The transformation is shown by an arrow pointing from A to B . In A , the element A_5 is highlighted with a shaded box. In B , the element B_5 is highlighted with a shaded box. The mapping is: $A_1 \rightarrow B_1$, $A_2 \rightarrow B_2$, $A_3 \rightarrow B_3$, $A_4 \rightarrow B_4$, $A_5 \rightarrow B_5$, $A_6 \rightarrow B_6$, $A_7 \rightarrow B_7$, $A_8 \rightarrow B_8$, $A_9 \rightarrow B_9$, $A_{10} \rightarrow B_{10}$, $A_{11} \rightarrow B_{11}$, $A_{12} \rightarrow B_{12}$, $A_{13} \rightarrow B_{13}$, and $A_{14} \rightarrow B_{14}$.

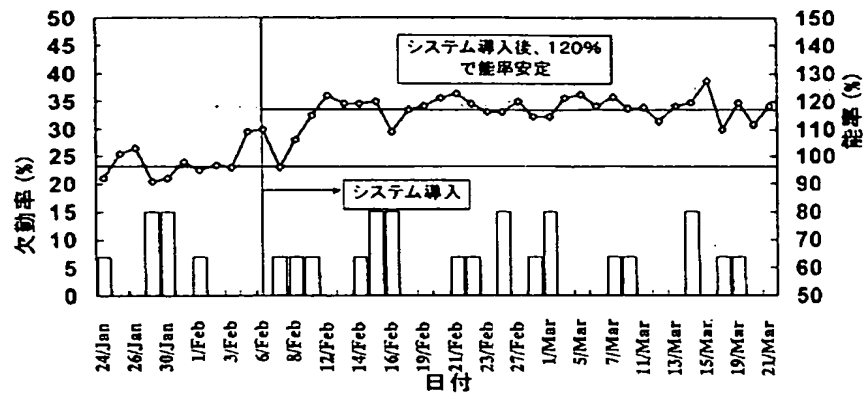
【図16】



【図19】



【図20】



100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

